

3. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS EN LA VIBRACIÓN INDUCIDA.

3.1. INTRODUCCIÓN.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en las vibraciones del terreno (velocidad y aceleración en dirección vertical) en el dominio de la frecuencia, analizando cómo afectan algunos parámetros de diseño (tipo de vía, consideración o no de interacción entre vía y terreno, distancia al punto de observación, etc.), considerando el terreno como un medio estratificado cuyas propiedades son:

Estrato	Espesor (m)	E (MN/m ²)	η	ν	ρ (kg/m ³)	c_p (m/s)	c_s (m/s)	c_r (m/s)
1	2	60	0.1	0.44	1500	360	118	112
Semi-espacio	-	360	0.1	0.49	2000	1750	245	233

Tabla 3. 1: Propiedades del terreno objeto de estudio

A continuación, se presentan las variables más significativas del análisis dinámico, en un punto de la superficie del terreno bajo las sollicitaciones producidas por

un tren Thalys HST con diez vagones, circulando a 100 m/s, cuyas características se muestran en la tabla siguiente:

	N° vagones	N° ejes	Longitud del vagón (m)	Distancia entre bogies (m)	Distancia entre ejes (m)	Masa por eje (kg)
Locomotora	2	4	22.15	14.00	3	17e3
Vagones extremos	2	3	21.85	18.70	3	14.5e3
Vagones centrales	6	2	18.70	18.70	3	17e3

Tabla 3. 2: Características geométricas y cargas del tren Thalys HST

Antes de comenzar con el estudio del comportamiento de las capas elastoméricas, se va a analizar la influencia de los parámetros que posteriormente permanecerán invariables, tales como distancia al origen de la carga, tipo de terreno, etc., para definir el efecto que producen.

3.2. INFLUENCIA DE LAS VIBRACIONES EN LAS TRES DIRECCIONES.

En este apartado se analizan los rangos y amplitudes de las vibraciones del terreno en las tres direcciones (verticales $w(f)$, horizontales paralelas al eje de la vía $u(f)$ y horizontales perpendiculares al eje de la vía $v(f)$).

Se muestran en las siguientes figuras dichas vibraciones para los dos tipos de vía, considerando el terreno como medio estratificado, con tres niveles de amortiguamiento y sollicitación de una carga tipo tren circulando a 100 m/s midiendo a una distancia de 20 m desde el origen.

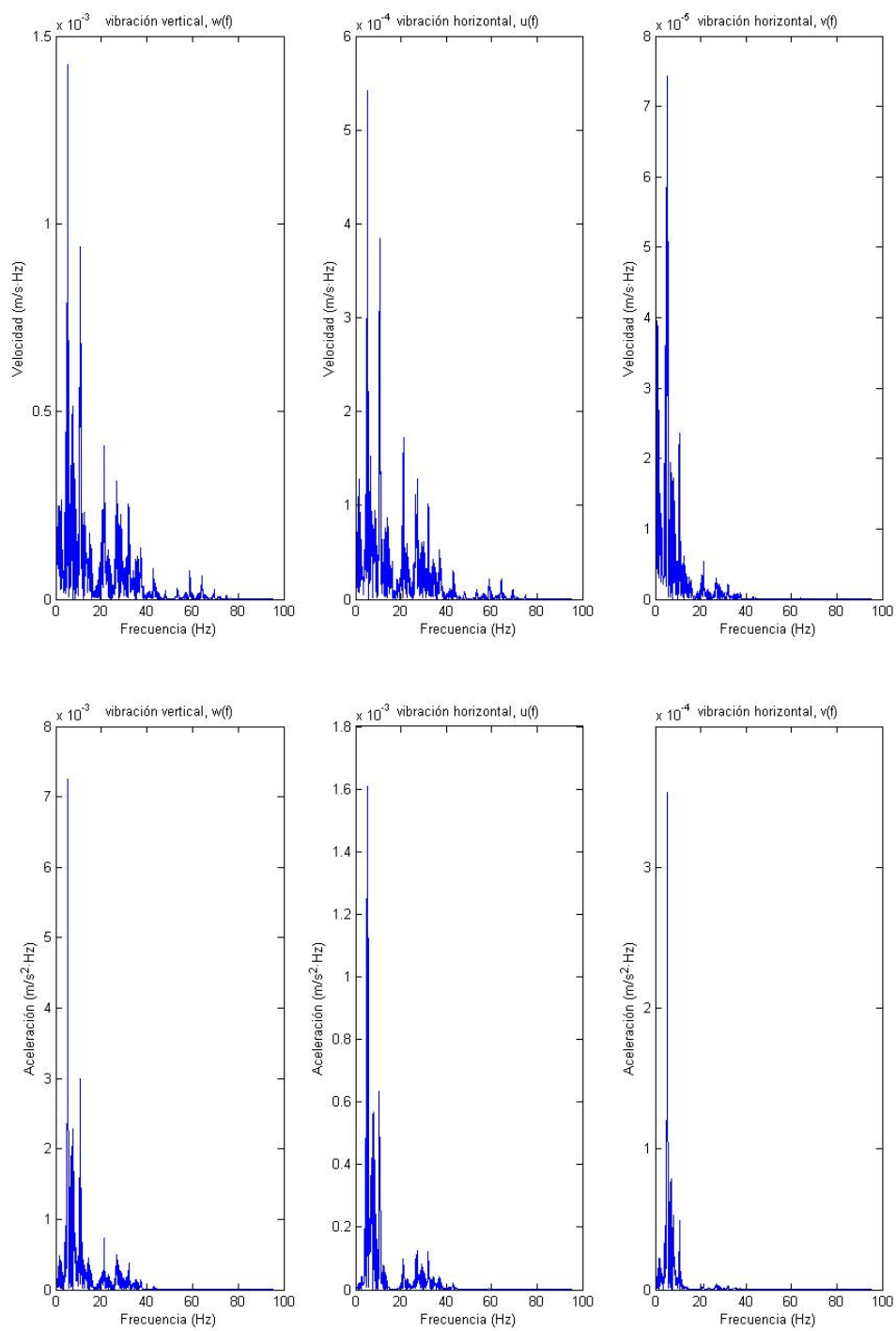


Figura 3. 1: Espectros de velocidades y aceleraciones del terreno en vía balasto bajo la acción de un tren circulando a 100 m/s tomando la medida a 20 m de la fuente

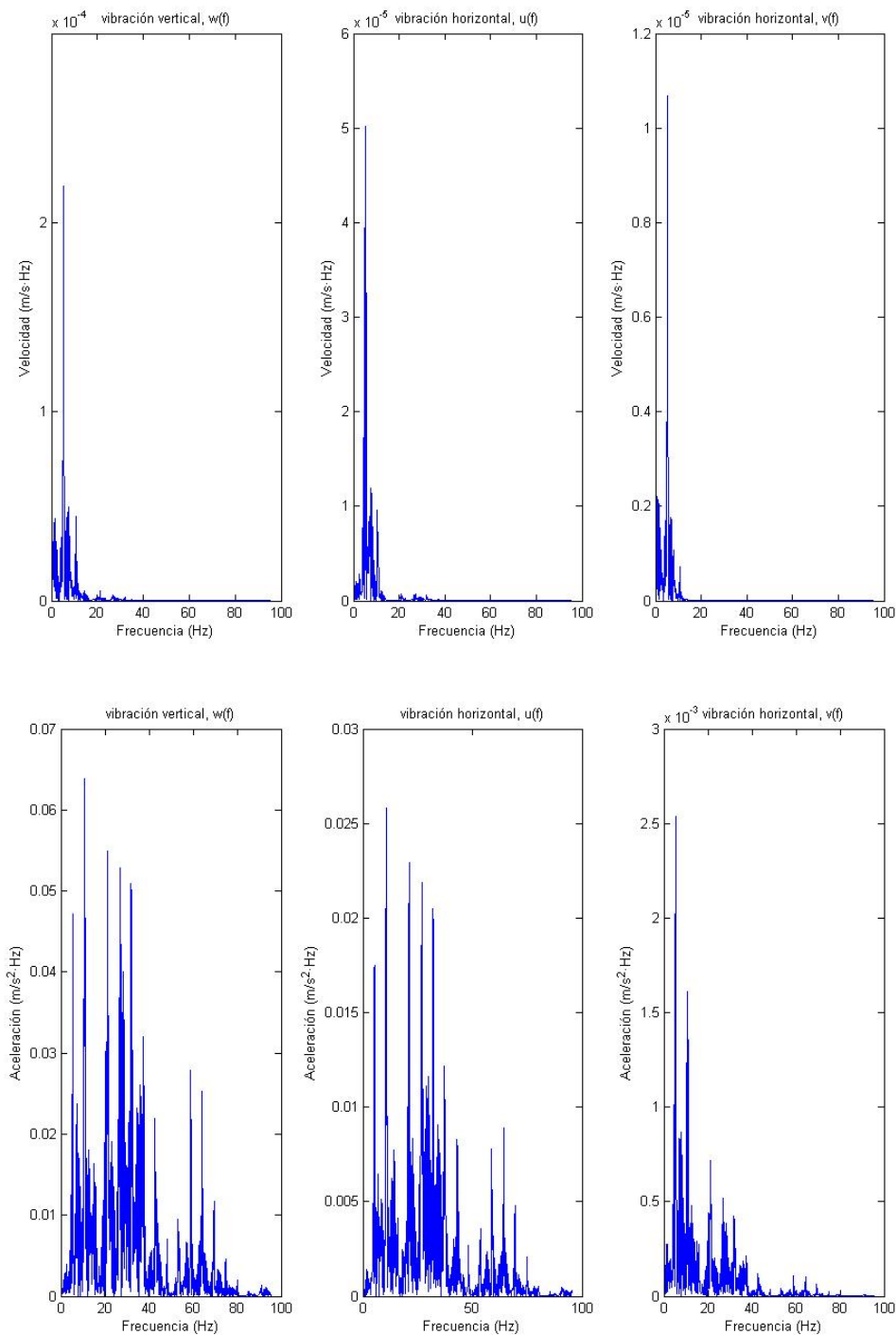


Figura 3. 2: Espectros de velocidades y aceleraciones del terreno en vía placa bajo la acción de un tren circulando a 100 m/s tomando la medida a 20 m de la fuente.

Las respuestas de mayor amplitud se encuentran en dirección vertical, y de entre las horizontales, las paralelas a la vía son más importantes. Es debido a esto que en el

resto de los casos que se estudian sólo se considera la acción vertical de la velocidad y aceleración.

3.3. INFLUENCIA DEL TIPO DE VÍA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en vibraciones verticales tras la comparativa entre las dos tipologías de vía, en un tren que circula a 100 m/s con todos los niveles de amortiguamiento en un medio homogéneo. Además, se tiene en cuenta la interacción entre vía y terreno.

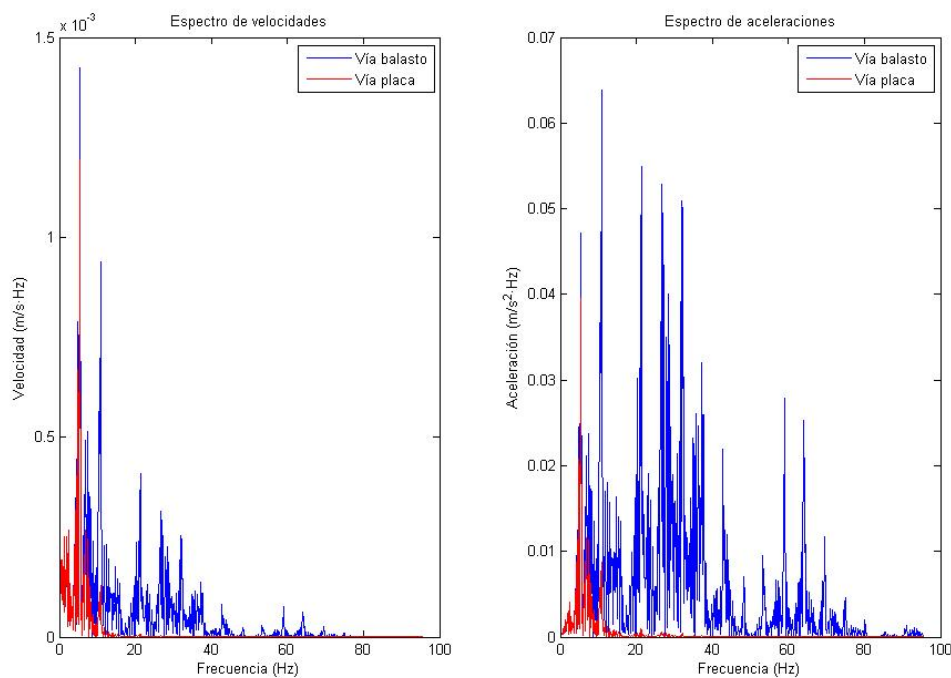


Figura 3. 3: Espectro de velocidades y aceleraciones verticales del terreno en los distintos tipos de vía para un terreno homogéneo y todos los niveles de pad.

La principal diferencia observada es que en vía balasto el contenido en armónicos de alta frecuencia es mayor que en vía placa. Esto se debe a que la rigidez de la vía placa es mucho mayor que la de la vía balasto.

Para facilitar la comparación de las amplitudes máximas en cada caso se acude a la representación en escala de tercio de octavas y las limitaciones impuestas por la normativa:

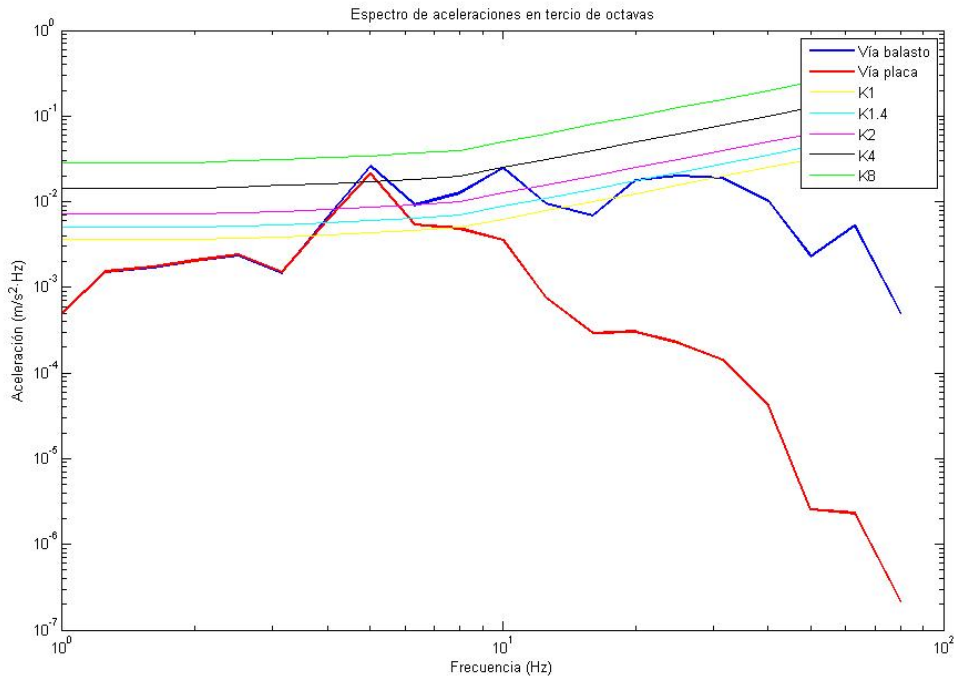


Figura 3. 4: Espectro de aceleraciones del terreno en los distintos tipos de vía para un terreno homogéneo y todos los niveles de pad. Escala en tercio de octavas junto con las limitaciones impuestas por la normativa.

A bajas frecuencias los órdenes de magnitud son prácticamente coincidentes, teniendo la máxima aceleración absoluta en la misma frecuencia (5 Hz). A partir de ahí, las respuestas de cada vía se comportan de forma distinta, decreciendo más rápidamente las vibraciones producidas en vía placa. Por tanto, dependiendo del rango de frecuencias en el que estemos interesados, se observarán mayores o menores diferencias.

3.4. INFLUENCIA DEL TIPO DE TERRENO.

Si consideramos que el terreno está compuesto por n estratos paralelos, soportados por un estrato $n+1$ definido como un semi-espacio, las propiedades de cada estrato se definen como:

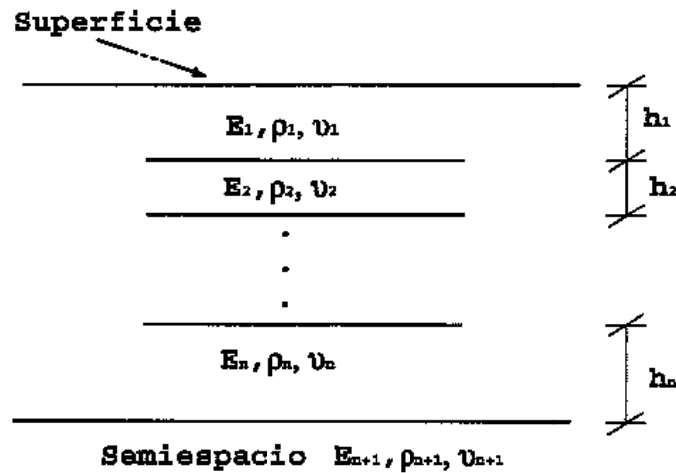


Figura 3. 5: Modelo de terreno compuesto por n estratos paralelos

Módulo de elasticidad	E_j
Coefficiente de Poisson	ν_j
Densidad	ρ_j
Coefficiente de amortiguamiento	η_j
Espesor (sólo para los estratos 1 a n)	h_j

Así pues, se muestra en las figuras siguientes la influencia de considerar el terreno homogéneo o con un estrato. Las vibraciones se han calculado con una carga tipo tren viajando a 100 m/s sobre vía balasto, tres niveles de amortiguamiento y una distancia entre la vía y el punto de observación de 20 m.

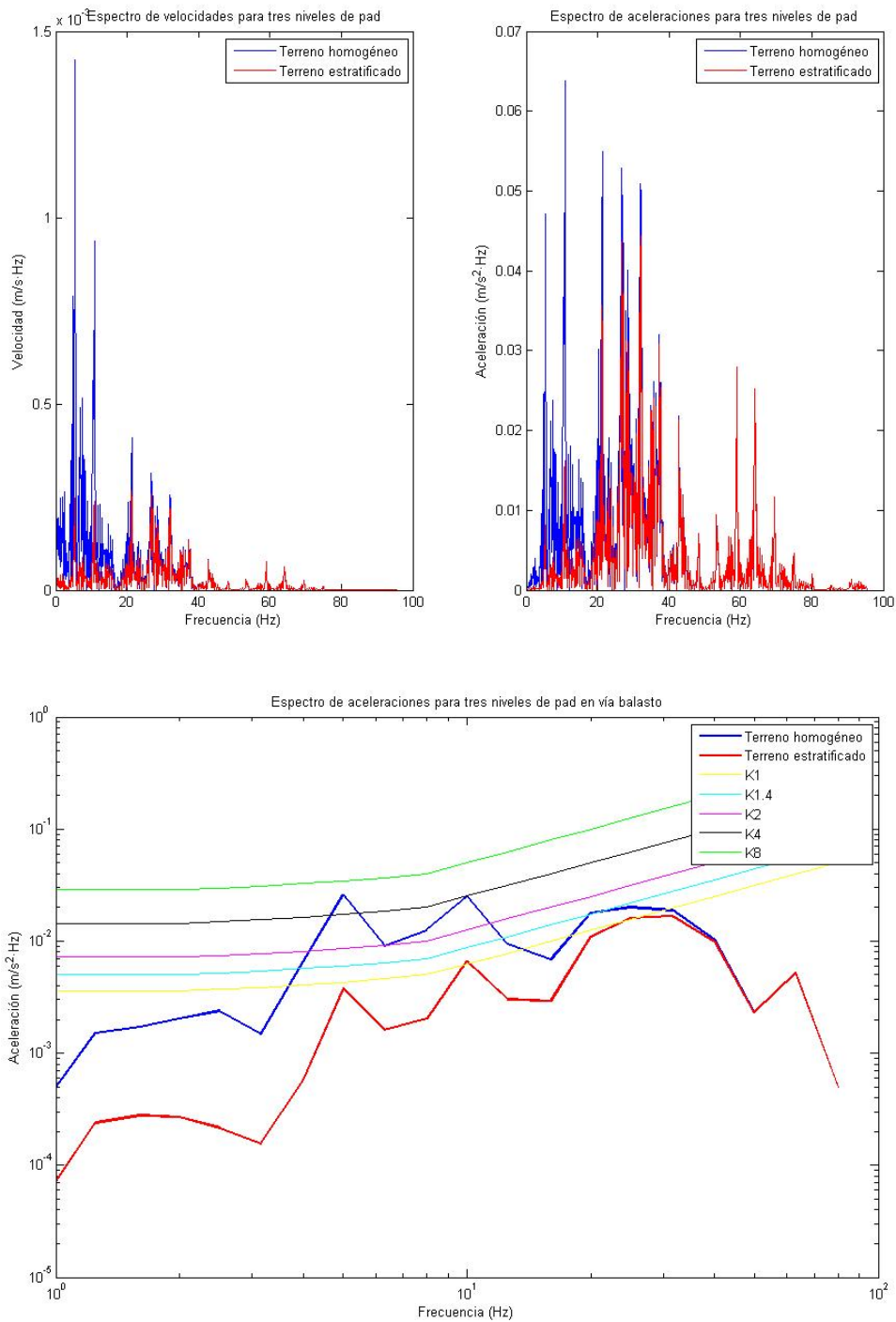


Figura 3. 6: Espectro de velocidades y aceleraciones verticales del terreno en vía balasto en función del tipo de terreno y todos los niveles de *pad*

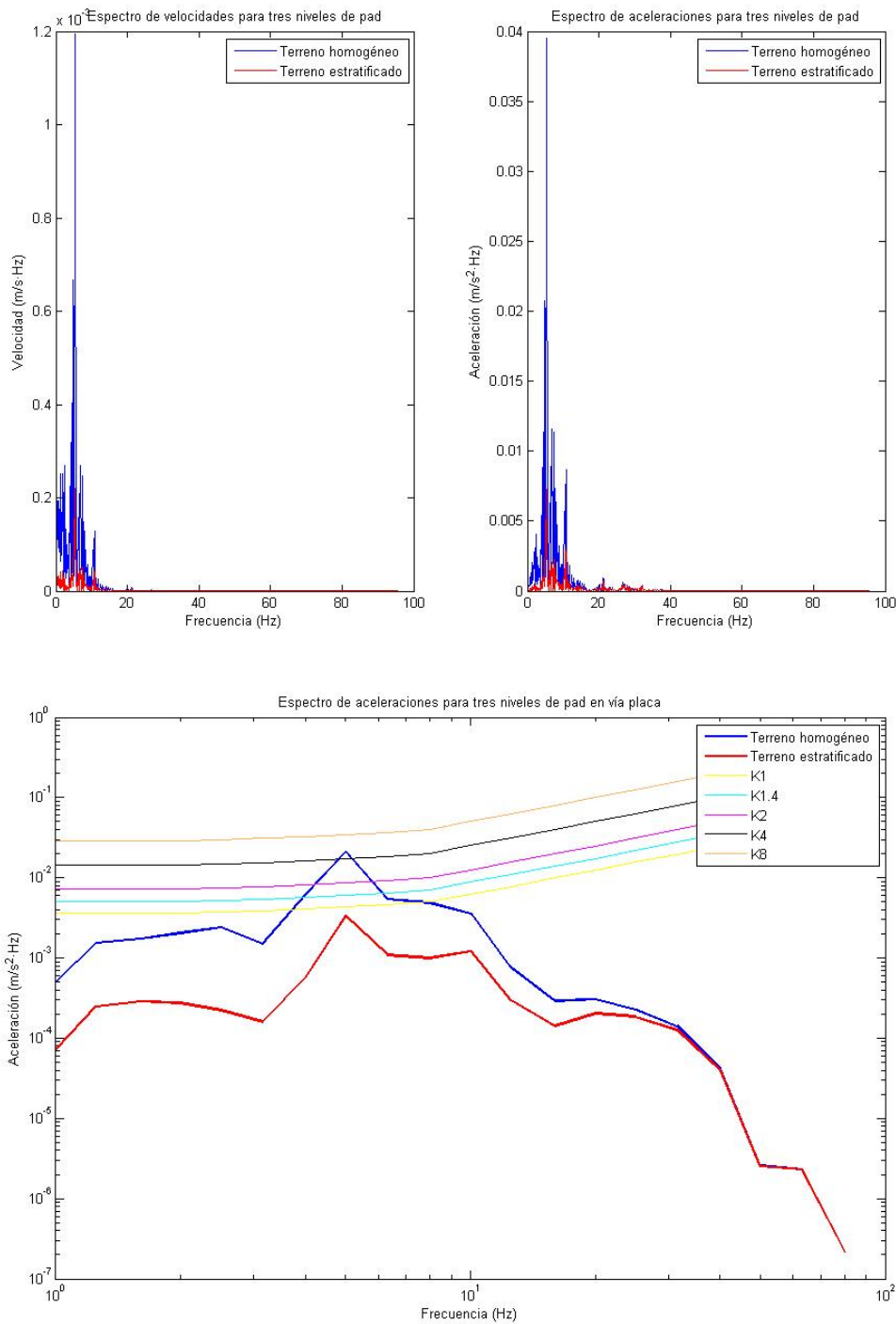


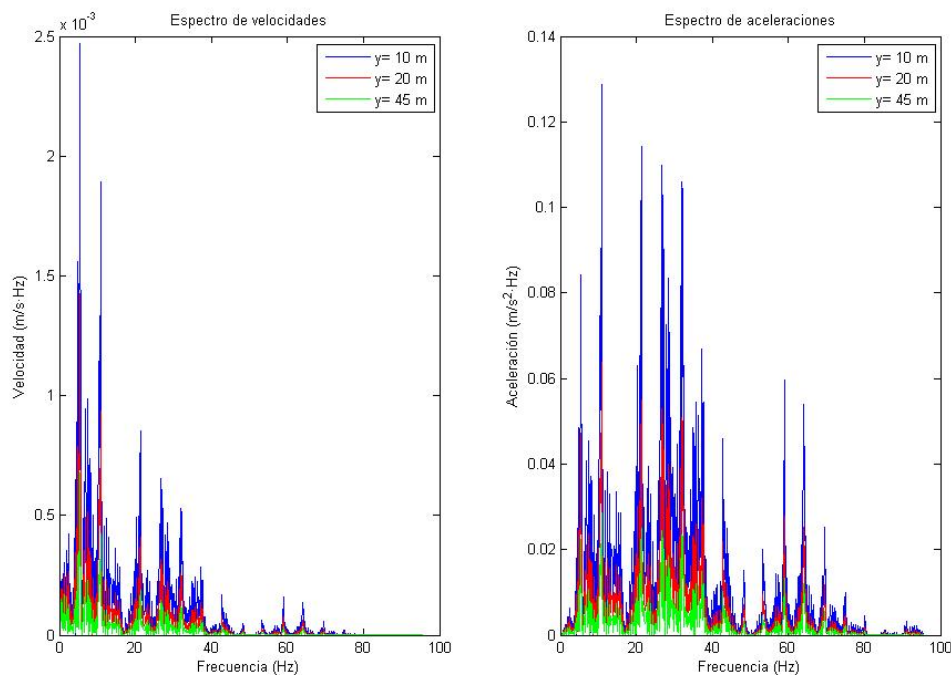
Figura 3. 7: Espectro de velocidades y aceleraciones verticales del terreno en vía placa en función del tipo de terreno y todos los niveles de amortiguamiento

De los resultados mostrados se deduce que la consideración del terreno como medio estratificado conduce a niveles más bajos de vibraciones (para las propiedades concretas del terreno analizado), sobre todo a bajas frecuencias. Esto quiere decir que

las ondas se disipan más rápido cuando se tiene un semi-espacio más rígido bajo el estrato, ya que se produce un aumento significativo en la propagación de las ondas en ese medio. Por lo tanto, el considerar un terreno estratificado cuando no lo es (y viceversa) conduce a errores, que según el rango de la frecuencia de interés, pueden ser importantes.

3.5. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA EXISTENTE ENTRE LA VÍA Y EL PUNTO DE OBSERVACIÓN.

En las figuras 3.8 y 3.9 se muestran las velocidades y aceleraciones verticales a distintas distancias en cada tipo de vía. Para una mejor observación de los resultados, y tal y como se comentó en la introducción, se incluyen las gráficas de la respuesta en frecuencia en escala de tercio de octavas con las limitaciones impuestas por la normativa andaluza:



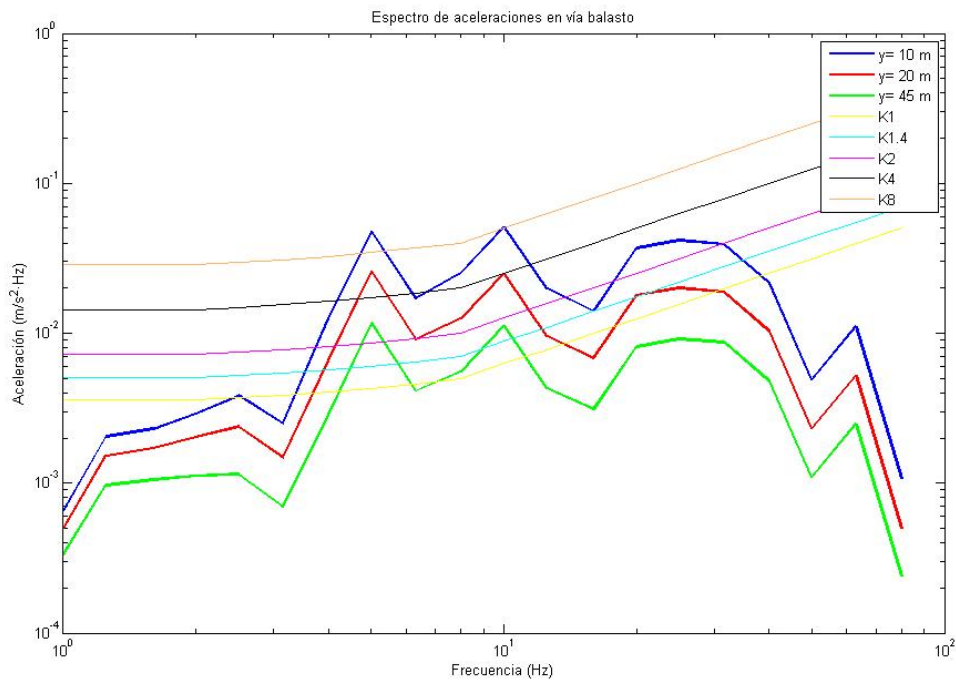
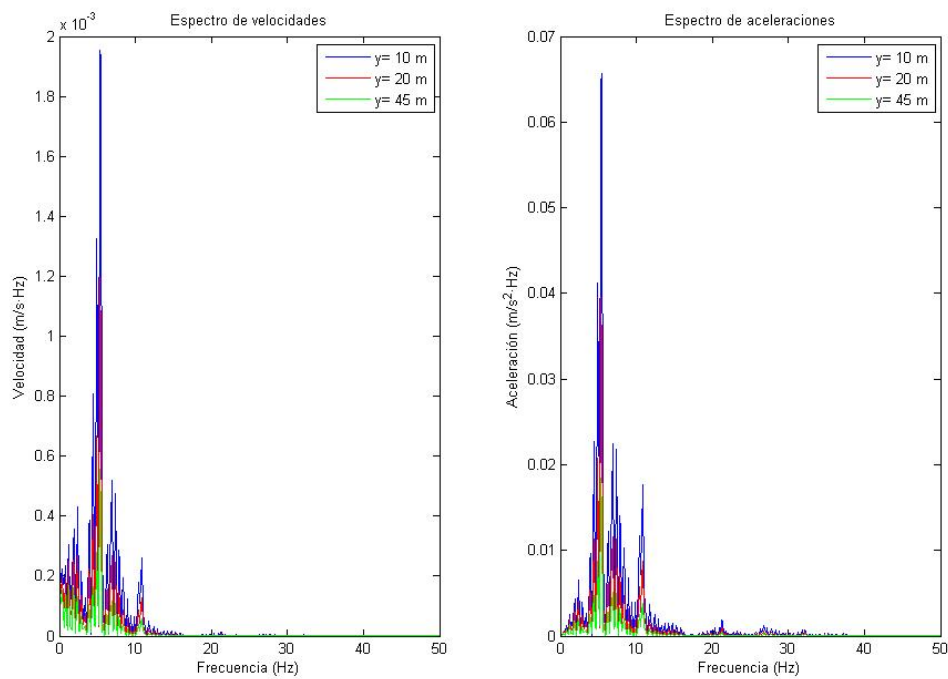


Figura 3. 8: Espectro de velocidades y aceleraciones verticales del terreno en vía balasto en función de la distancia del foco al punto de observación.



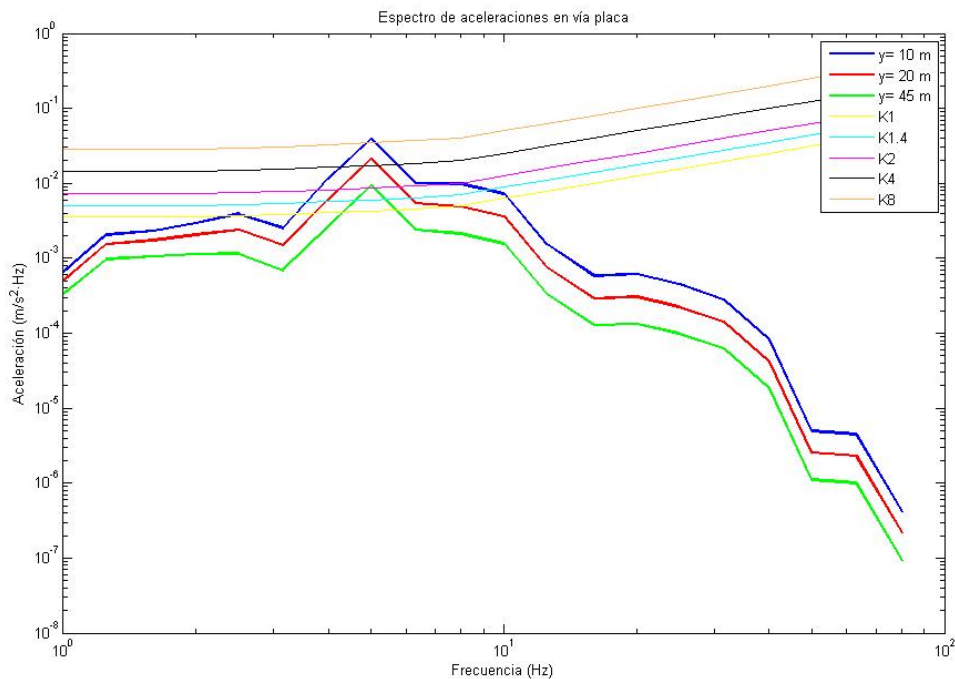


Figura 3. 9: Espectro de velocidades y aceleraciones verticales del terreno en vía placa en función de la distancia del foco al punto de observación.

Se observa claramente cómo las vibraciones se atenúan a medida que nos alejamos de la vía. La principal diferencia entre los dos tipos de vía es que en balasto los contenidos en frecuencia son más altos que en placa, además de ser mayores en valor absoluto.

3.6. CONCLUSIONES.

De este capítulo introductorio sobre la influencia de los principales parámetros en la vibración inducida se extraen las siguientes conclusiones:

- Se considera el modelo de terreno estratificado, afectando esta característica a la forma de la función de Green. Esto conduce a niveles más bajos de vibraciones (para las propiedades concretas del terreno analizado), sobre todo a bajas frecuencias. Esto quiere decir que las ondas se disipan más rápido cuando se tiene un semi-espacio más rígido bajo el estrato, ya que se produce un aumento

significativo en la propagación de las ondas en ese medio. Por lo tanto, el considerar un terreno estratificado cuando no lo es (y viceversa) conduce a errores, que según el rango de la frecuencia de interés, pueden ser importantes.

- En cuanto a la componente de las vibraciones con mayor amplitud, es la dirección vertical y paralela a la vía la más importante.
- La principal diferencia observada es que en vía balasto el contenido en armónicos de alta frecuencia es mayor que en vía placa. Esto se debe a que la rigidez de la vía placa es mucho mayor que la de la vía balasto.
- Las vibraciones se atenúan a medida que nos alejamos de la vía.

Estos comentarios son válidos para los dos tipos de vía estudiados, siendo la principal diferencia entre los dos tipos de vía es que en balasto los contenidos en frecuencia son más altos que en placa, además de ser mayores en valor absoluto.